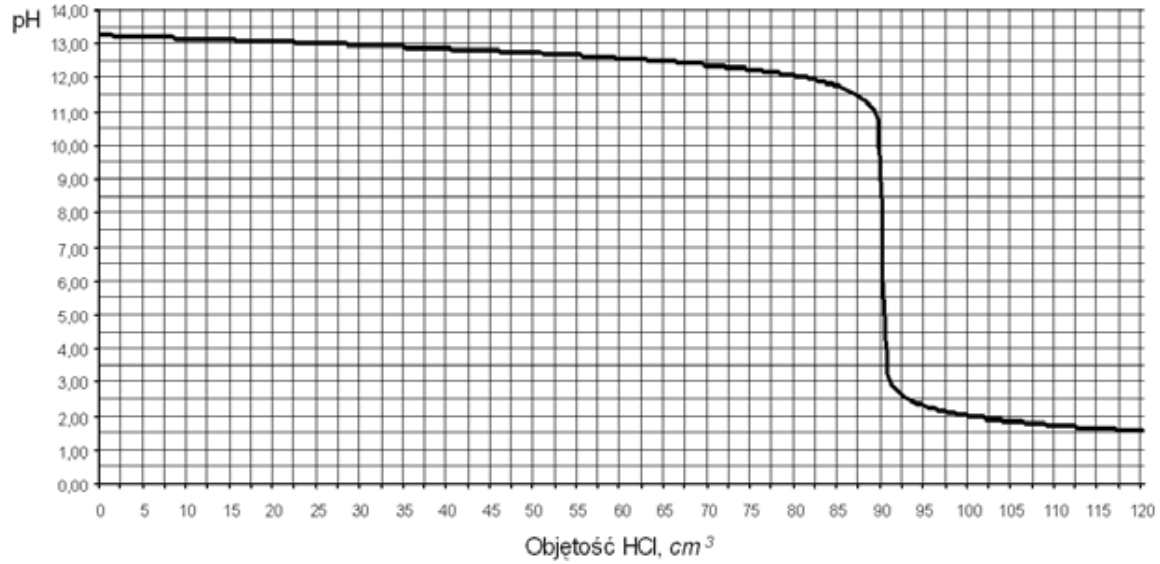
Zadanie 1.

Do 100 cm^3 wodnego roztworu wodorotlenku sodu dodawano kroplami kwas solny o stężeniu 0,20 mol/dm^3 i za pomocą pehametru mierzono pH mieszaniny reakcyjnej. Otrzymane wyniki umieszczono na wykresie ilustrującym zależność pH od objętości dodanego HCl.



Podaj symbole lub wzory trzech rodzajów jonów, których stężenie jest <u>największe</u> w roztworze otrzymanym po dodaniu 120 cm^3 kwasu solnego do badanego roztworu wodorotlenku sodu.

.....

a) Z powyższego wykresu odczytaj objętość kwasu solnego potrzebną do zobojętnienia wodorotlenku sodu znajdującego się w badanym roztworze.

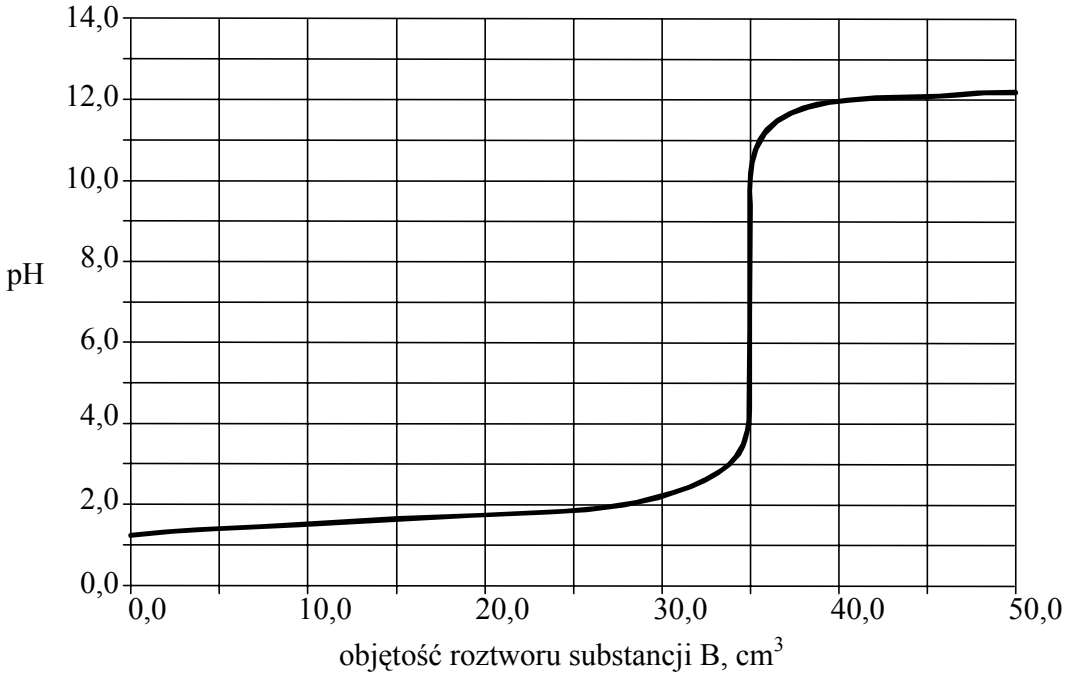
.....

b) Oblicz stężenie molowe badanego roztworu wodorotlenku sodu. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Obliczenia: Odpowiedź:

Zadanie 2.

Do zlewki zawierającej 35,0 cm^3 wodnego roztworu substancji A dodawano kroplami wodny roztwór substancji B, stale mierząc pH otrzymywanej mieszaniny. Uzyskano następujący wykres zależności mierzonego pH od objętości dodanego roztworu substancji B:



Korzystając z wykresu, ustal, ile cm^3 roztworu substancji B należy użyć, aby przereagowała ona całkowicie z substancją A zawartą w 35,0 cm^3 roztworu.

.....

Korzystając z wykresu, określ, jaką barwę przyjmie fenoloftaleina w roztworze otrzymanym przez zmieszanie 35,0 cm^3 roztworu substancji A z 40,0 cm^3 roztworu substancji B.

.....

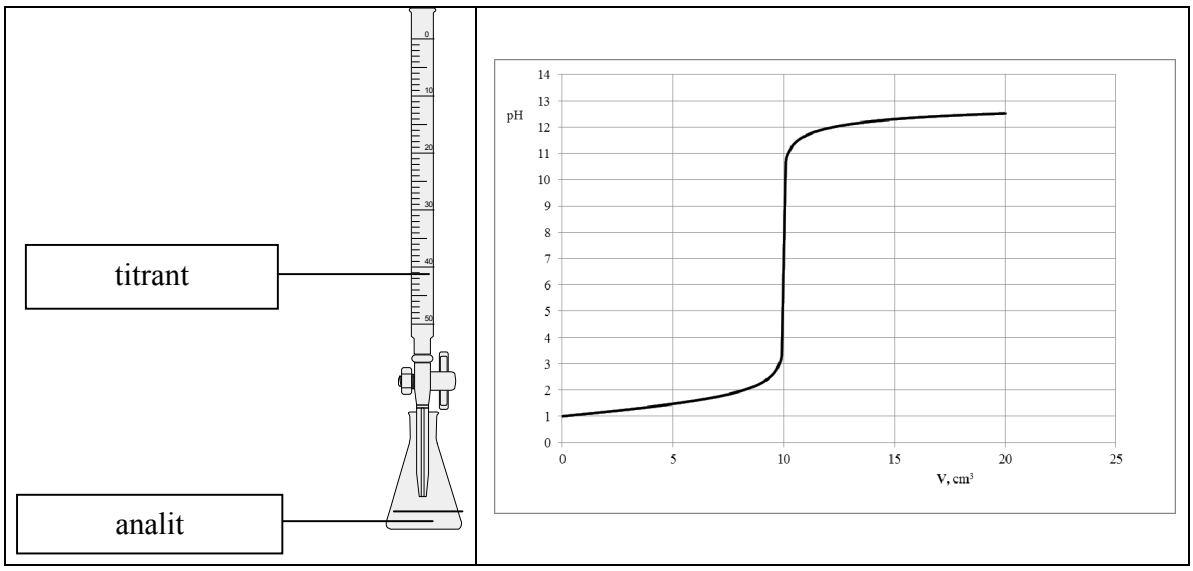
Spośród podanych poniżej wzorów wybierz wzór związku, który w opisanym doświadczeniu mógł być substancją A, oraz wzór związku, który mógł być substancją B.

KNO_3 CH_3COOK C_2H_5OH KOH HNO_3

Substancja A: ..... Substancja B: .....

Zadanie 3.

Przeprowadzono doświadczenie, podczas którego do wodnego roztworu mocnego elektrolitu dodawano kroplami wodny roztwór innego mocnego elektrolitu i za pomocą pehametru mierzono pH mieszaniny reakcyjnej. Przebieg doświadczeń zilustrowano poniższym schematem.



Opisane doświadczenie jest przykładem miareczkowania alkacymetrycznego (kwasowo-zasadowego), które polega na dodawaniu z biurety roztworu, nazywanego *titrantem*, do kolby z próbką, nazywaną *analitem*. W miareczkowaniu wykorzystuje się stechiometryczną zależność między analitem i titrantem.

Dany jest zestaw elektrolitów o wzorach:

$$HCOOH \qquad HCl \qquad NH_3 \cdot H_2O \qquad NaOH \qquad CH_3COOH$$

Spośród podanych powyżej wybierz wzory tych związków, których roztwory wodne pełniły podczas opisanego doświadczenia funkcję analitu oraz funkcję titranta, i uzasadnij swój wybór.

Wzór związku, którego roztwór pełni funkcję analitu: .....

Wzór związku, którego roztwór pełni funkcję titranta: .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

.....

Podaj <u>nazwy</u> trzech jonów, których stężenie jest największe w roztworze otrzymanym po dodaniu 20 cm^3 titranta do roztworu analitu.

.....

.....

Do 10 cm^3 analitu dodawano kroplami titrant o stężeniu 0,1 $mol \cdot dm^{-3}$.

a) Z wykresu umieszczonego w informacji do zadań 10.−12. odczytaj objętość titranta potrzebną do zobojętnienia analitu oraz podaj stężenie molowe analitu.

Objętość titranta: .....

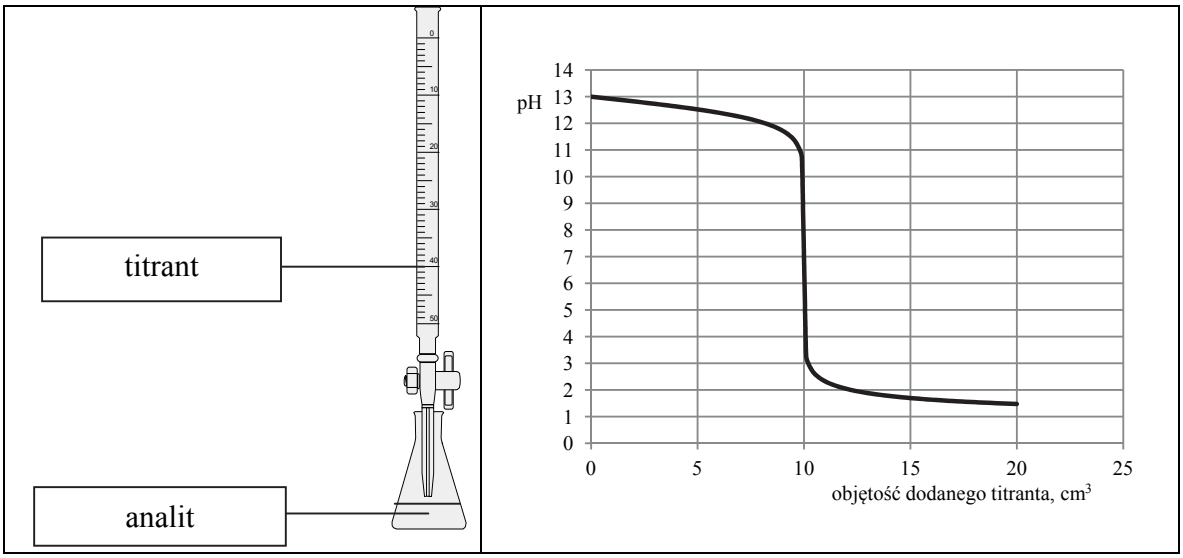
Stężenie molowe analitu: .....

b) Oblicz masę substancji w analicie.

Obliczenia:

Zadanie 4.

Przeprowadzono doświadczenie, podczas którego do 10 cm^3 wodnego roztworu wodorotlenku sodu dodawano kroplami wodny roztwór pewnego elektrolitu o stężeniu $c_m = 0{,}1\ mol \cdot dm^{-3}$, mierząc pH mieszaniny reakcyjnej. Przebieg doświadczenia zilustrowano schematem.



Opisane doświadczenie jest przykładem miareczkowania alkacymetrycznego (kwasowo-zasadowego), które polega na dodawaniu z biurety roztworu, nazywanego *titrantem*, do kolby z próbką, nazywaną *analitem*. W miareczkowaniu wykorzystuje się stechiometryczną zależność między substancjami obecnymi w analicie i titrancie.
Odczytana z wykresu wartość pH roztworu otrzymanego po zmieszaniu roztworów zawierających stechiometryczne ilości reagentów jest równa 7.

Uzupełnij poniższe zdania. Podkreśl właściwy odczyn roztworu, a w miejsca kropek wpisz odpowiednie wzory związków.

Można stwierdzić, że otrzymany roztwór, który powstał po zmieszaniu roztworów zawierających stechiometryczne ilości reagentów, miał odczyn (kwasowy / obojętny / zasadowy) oraz że analitem był wodny roztwór ..... .

Informacje te pozwalają na jednoznaczny wybór spośród wodnych roztworów elektrolitów:

$$HCOOH\ (aq),\ CH_3COOH\ (aq),\ HCl\ (aq),\ NH_3\ (aq),\ NaOH\ (aq)$$

związku, którego wodny roztwór pełnił podczas opisanego doświadczenia funkcję titranta.

Związek ten ma wzór ..... .

Na podstawie analizy wykresu określ, jaką barwę przyjąłby żółty uniwersalny papierek wskaźnikowy, gdyby podczas przeprowadzanego doświadczenia został on zanurzony w roztworze, do którego dodano: 5 cm^3, 10 cm^3 oraz 15 cm^3 titranta.

Barwa wskaźnika po dodaniu 5 cm^3 titranta: .....

Barwa wskaźnika po dodaniu 10 cm^3 titranta: .....

Barwa wskaźnika po dodaniu 15 cm^3 titranta: .....

Aby roztwór przewodził prąd elektryczny, muszą być w tym roztworze obecne jony. Im większa jest ich ruchliwość, tym przewodnictwo jest większe. Dwa najbardziej ruchliwe jony to kationy wodorowe (H^+) i aniony wodorotlenkowe (OH^-). Ruchliwość innych jonów jest znacznie mniejsza.

Na podstawie: M. Sienko, R. Plane, *Chemia*, Warszawa 1996
oraz L. Pajdowski, *Chemia ogólna*, Warszawa 1982.

Gdy analizuje się ruchliwość jonów obecnych w roztworze w danym momencie opisanego miareczkowania, można przewidzieć, jak zmienia się jego przewodnictwo (inne czynniki można tu pominąć).

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

W miarę dodawania titranta do wodnego roztworu wodorotlenku sodu

A. zarówno pH, jak i przewodnictwo roztworu rosną.

B. pH roztworu rośnie, a przewodnictwo roztworu maleje.

C. pH roztworu maleje, a przewodnictwo najpierw maleje, a potem rośnie.

D. pH roztworu maleje, a przewodnictwo najpierw rośnie, a potem maleje.

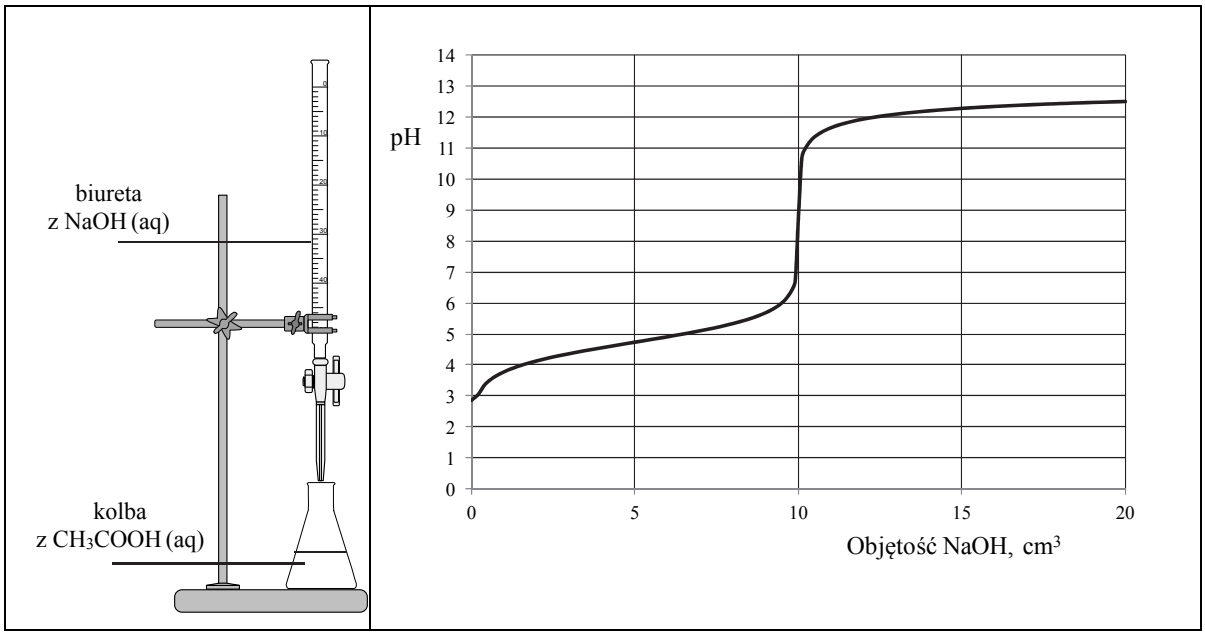
Zadanie 5.

Do wodnego roztworu kwasu etanowego (octowego) o określonej objętości, ale o nieznanym stężeniu, dodawano kroplami wodny roztwór wodorotlenku sodu o znanym stężeniu i za pomocą pehametru mierzono pH mieszaniny reakcyjnej. W ten sposób przeprowadzono tzw. miareczkowanie pehametryczne, które jest jedną z metod analizy ilościowej. W czasie doświadczenia zachodziła reakcja opisana równaniem:

$$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$$

Zestaw użyty w tym doświadczeniu przedstawiono na poniższym schemacie, a otrzymane wyniki miareczkowania umieszczono na wykresie.

Po dodaniu takiej objętości roztworu wodorotlenku sodu, w jakiej znajdowała się liczba moli NaOH równa liczbie moli CH_3COOH w roztworze wziętym do analizy, w układzie został osiągnięty punkt równoważnikowy. Ustalono, że w opisanym doświadczeniu pH w punkcie równoważnikowym było równe 9.



Podczas miareczkowania kwas–zasada zamiast pehametru można stosować wskaźniki pH. Muszą one być tak dobrane, aby zakres zmiany barwy wskaźnika przypadał w pobliżu punktu równoważnikowego miareczkowania.
Właściwości wybranych wskaźników oznaczonych numerami I, II, III i IV przedstawiono w poniższej tabeli.

	Zakres pH zmiany barwy
wskaźnik I	3,2 – 4,4
wskaźnik II	3,0 – 5,0
wskaźnik III	8,2 – 10,0
wskaźnik IV	11,0 – 12,4

Na podstawie: L. Jones, P. Atkins, *Chemia ogólna*, Warszawa 2006.

Spośród wskaźników podanych w tabeli i oznaczonych numerami I, II, III i IV wybierz i podaj numer tego wskaźnika, który powinien zostać użyty podczas opisanego miareczkowania roztworu kwasu etanowego.

.....

Uzupełnij poniższe zdanie – wybierz i podkreśl jedno określenie spośród podanych w nawiasie. Odpowiedź uzasadnij, odwołując się do procesu zachodzącego w roztworze.

W opisanym doświadczeniu odczyn roztworu w punkcie równoważnikowym jest

(kwasowy / obojętny / zasadowy).

Uzasadnienie:

.....

.....

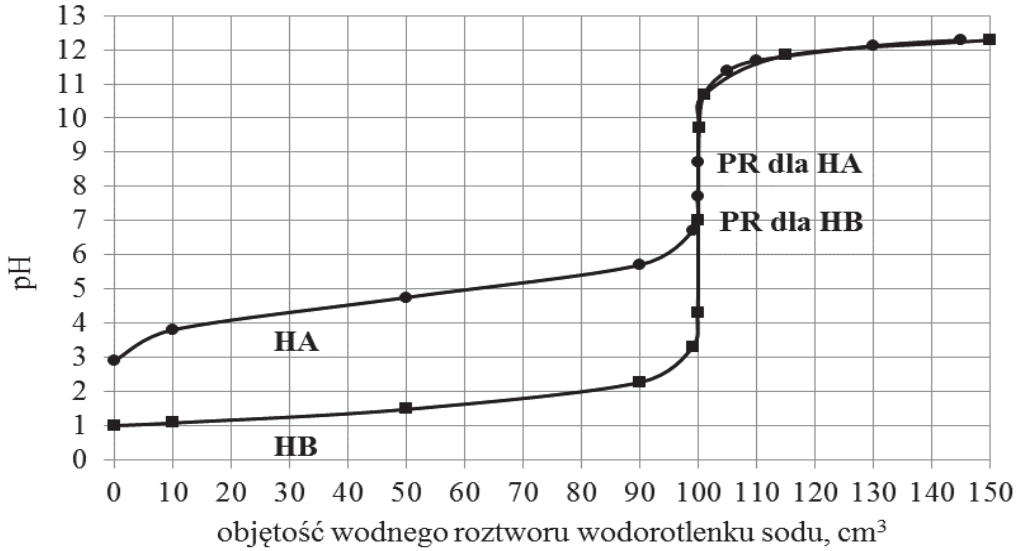
.....

Podaj wzór jonu, którego stężenie jest <u>największe</u> w roztworze otrzymanym po dodaniu 18 cm^3 wodnego roztworu wodorotlenku sodu do analizowanego roztworu kwasu etanowego.

.....

Zadanie 6.

W oddzielnych naczyniach umieszczono po 100 cm^3 wodnych roztworów kwasów jednoprotonowych o wzorach HA i HB i stężeniach 0,1 mol · dm^{-3}. Do każdego naczynia dodawano porcjami wodny roztwór wodorotlenku sodu o stężeniu 0,1 mol · dm^{-3}. Za pomocą pehametru mierzono pH każdej mieszaniny reakcyjnej. Wyniki pomiarów przedstawiono na wykresie.



Dla każdego z kwasów zaznaczono punkt równoważnikowy (PR), czyli wartość pH roztworu otrzymanego po zmieszaniu roztworów zawierających stechiometryczne ilości kwasu i wodorotlenku sodu.

Uzupełnij poniższe zdania – wybierz i podkreśl jedno właściwe określenie spośród podanych w każdym nawiasie.

1. Różna wartość pH wyjściowych roztworów wynika z tego, że użyto elektrolitów o różnej mocy. Kwas HA użyty w doświadczaniu to (mocny / słaby) elektrolit, a kwasem HB może być kwas (solny / octowy).

2. Wartość pH w punkcie równoważnikowym dla kwasu HB wynosi 7, co oznacza, że po dodaniu do roztworu tego kwasu stechiometrycznej ilości wodnego roztworu wodorotlenku sodu stężenie kationów wodorowych i stężenie anionów wodorotlenkowych w roztworze są (jednakowe / różne). Wartość stężenia jonów wodorotlenkowych w tym roztworze jest równa ($1 \cdot 10^{-14}$ / $1 \cdot 10^{-7}$).

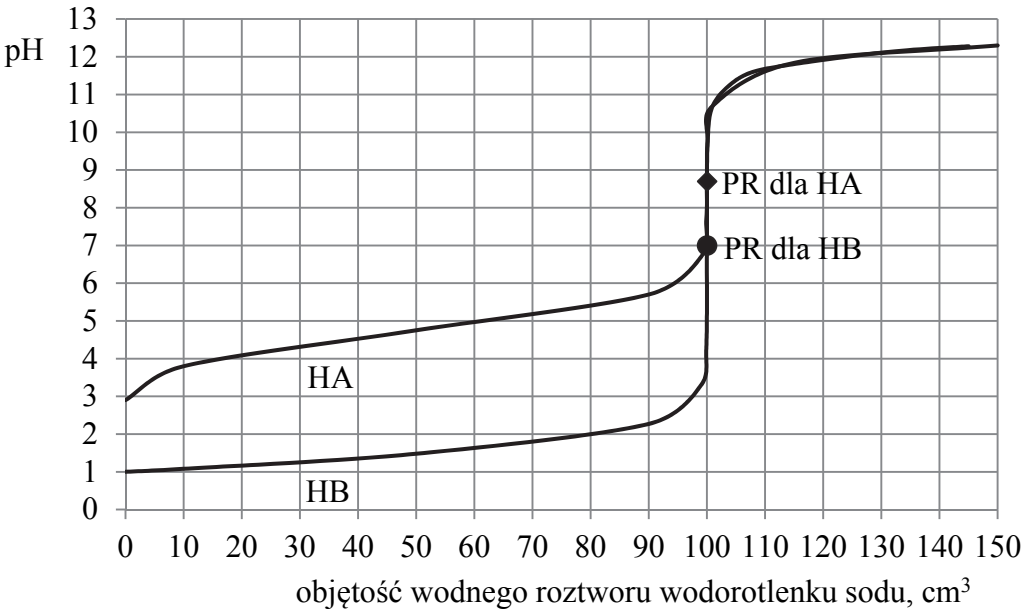
Wartość pH w punkcie równoważnikowym dla kwasu HA wynosi 8,70.

Napisz <u>w formie jonowej skróconej</u> równanie reakcji, która powoduje, że roztwór w punkcie równoważnikowym nie ma odczynu obojętnego. Zastosuj wzór ogólny kwasu HA.

……..

Zadanie 7.

Przygotowano wodne roztwory jednoprotonowych kwasów HA i HB. Przeprowadzono doświadczenie, podczas którego do próbek tych kwasów o objętości 100 cm^3, znajdujących się w oddzielnych naczyniach, dodawano porcjami wodny roztwór wodorotlenku sodu o stężeniu 0,1 mol · dm^{-3} i za pomocą pehametru mierzono pH każdej mieszaniny reakcyjnej. Przebieg doświadczeń zilustrowano poniższym wykresem.



Na wykresie dla obu substancji zaznaczono punkt równoważnikowy (PR), czyli wartość pH roztworu po dodaniu stechiometrycznej ilości wodnego roztworu NaOH.

W celu określenia punktu równoważnikowego można przeprowadzić analogiczne doświadczenia, stosując wskaźniki kwasowo-zasadowe, czyli związki chemiczne, które przyjmują różne zabarwienia w roztworach o różnych odczynach. Wizualne metody wyznaczania PR miareczkowania z zastosowaniem wskaźników polegają na dodawaniu – do roztworu miareczkowanego – takiego wskaźnika, który zmieni barwę w punkcie równoważnikowym reakcji. Dla każdego wskaźnika jest określony zakres pH, w którym następuje zmiana jego zabarwienia. Poniżej scharakteryzowano cztery wskaźniki kwasowo-zasadowe.

Poprawnie dobrany wskaźnik użyty w procesie miareczkowania to taki, którego obszar zmiany barwy, spowodowanej dodaniem niewielkiej ilości roztworu miareczkującego, znajduje się wewnątrz skoku miareczkowania (na praktycznie pionowym odcinku wykresu miareczkowania) i leży możliwie najbliżej punktu równoważnikowego.

Na podstawie: J. Minczewski, Z. Marczenko: *Chemia analityczna. Podstawy teoretyczne i analiza jakościowa*, Warszawa 2001.

Wskaźnik	Zabarwienie wskaźnika w roztworze o pH		Zakres pH zmiany barwy
oranż metylowy	poniżej 3,1 czerwone	powyżej 4,4 żółte	3,1 – 4,4
błękit bromotymolowy	poniżej 6,2 żółte	powyżej 7,6 niebieskie	6,2 – 7,6
fenoloftaleina	poniżej 8,3 brak zabarwienia	powyżej 10,0 malinowe	8,3 – 10,0
czerwień metylowa	poniżej 4,4 czerwone	powyżej 6,3 żółte	4,4 – 6,3

Spośród scharakteryzowanych wskaźników wybierz i podkreśl nazwy <u>wszystkich</u> tych, których można użyć do wyznaczenia PR w doświadczeniach z kwasami HA i HB.

1. Wskaźnikiem, który najlepiej spełnia opisane kryteria doboru wskaźnika kwasowo-zasadowego dla kwasu HA, jest:

oranż metylowy błękit bromotymolowy fenoloftaleina czerwień metylowa

2. Zgodnie z opisanymi kryteriami doboru wskaźnika kwasowo-zasadowego można dla kwasu HB zastosować:

oranż metylowy błękit bromotymolowy fenoloftaleinę czerwień metylową

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F – jeśli jest fałszywa.

1.	Stężenia molowe użytych w doświadczeniu kwasów HA i HB są jednakowe.	**P**	**F**
2.	Zarówno kwas HA, jak i kwas HB są mocnymi elektrolitami.	**P**	**F**
3.	Sumaryczna objętość roztworu w momencie osiągnięcia punktu równoważnikowego dla kwasu HB jest większa niż sumaryczna objętość roztworu w momencie, w którym został osiągnięty punkt równoważnikowy dla kwasu HA.	**P**	**F**

Wartość pH w punkcie równoważnikowym dla kwasu HA wynosi 8,70.

Stosując definicje kwasu i zasady Brønsteda, napisz <u>w formie jonowej skróconej</u> (używając ogólnego wzoru kwasu HA) równanie reakcji uzasadniające pH roztworu w punkcie równoważnikowym.

substraty				produkty		
kwas 1		zasada 2		zasada 1		kwas 2
	+		⇄		+	